

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
26. Juli 2001 (26.07.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/53556 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: C22C 38/50, 38/52, 38/44, C21D 6/02

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/00498

(22) Internationales Anmeldedatum:
17. Januar 2001 (17.01.2001)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
100 01 650.2 17. Januar 2000 (17.01.2000) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): VACUUMSCHMELZE GMBH & CO. KG [DE/DE]; Grüner Weg 37, 63450 Hanau (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): WEBER, Hartwin [DE/DE]; Westbahnhofstrasse 28, 63450 Hanau (DE). DÖRING, Waldemar [DE/DE]; Lindenstrasse 1, 63594 Hasselroth (DE). HAUSCH, Gernot [DE/DE]; Leipziger Strasse 45, 63505 Langenselbold (DE).

(74) Anwalt: SCHMUCKERMAIER, Bernhard; Westphal, Mussnug & Partner, Mozartstrasse 8, 80336 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

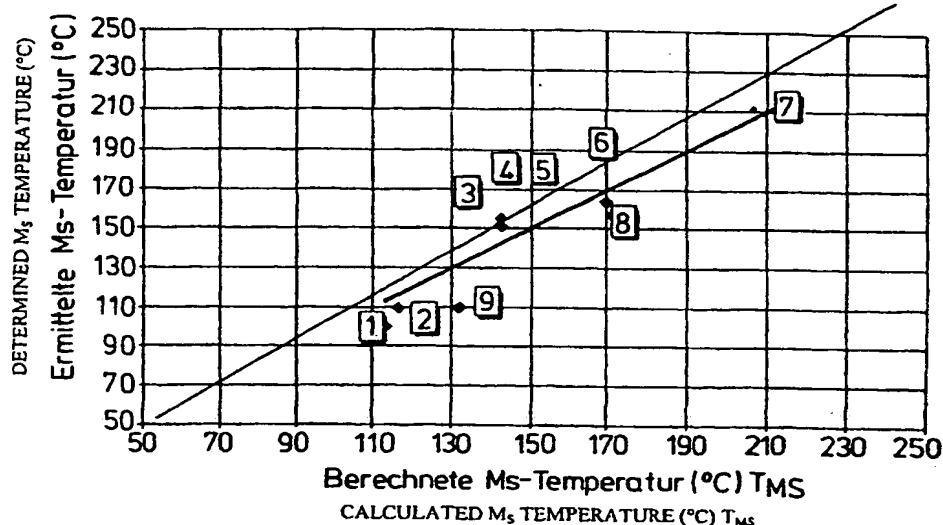
[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MARAGING TYPE SPRING STEEL

(54) Bezeichnung: FEDERSTAHL VOM MARAGING-TYP

Vergleich M_s -Temperatur an verschiedenen Zuständen nach Tabelle

COMPARISON OF M_s TEMPERATURE AT DIFFERENT STATES ACCORDING TO THE TABLE



(57) Abstract: The invention relates to a high-strength, age-hardenable, corrosion-resistant maraging type spring steel, which is essentially comprised of 6.0 to 9.0 wt. % of Ni, 11.0 to 15.0 wt. % of Cr, 0.1 to 0.3 wt. % of Ti, 0.2 to 0.3 wt. % of Be and of a remainder consisting of Fe, whose martensite temperature $M_s \geq 130^\circ\text{C}$ and which has a ferrite content c_{ferrite} of less than 3 %.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein hochfester aushärtbarer, korrosionsbeständiger Federstahl vom Maraging-Typ vorgestellt, der im wesentlichen aus 6,0 bis 9,0 Gew.-% Ni, 11,0 bis 15,0 Gew.-% Cr, 0,1 bis 0,3 Gew.-% Ti, 0,2 bis 0,3 Gew.-% Be sowie Rest Fe besteht, dessen Martensit-Temperatur $M_s \geq 130^\circ\text{C}$ ist und der einen Ferritgehalt c_{Ferrit} kleiner 3 % aufweist.

Best Available Copy



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Beschreibung

Federstahl vom Maraging-Typ

- 5 Die Erfindung betrifft einen hochfesten, aushärtbaren, korrosionsbeständigen Federstahl vom Maraging-Typ.

10 Dabei handelt es sich um im lösungsgeglühten Zustand vollständig martensitische Legierungen, die durch eine Wärmebehandlung aushärtbar sind. Diese Legierungen weisen eine gute
isotrope Umformbarkeit vor dem Aushärten aus. Nach dem Aushärten weisen diese Legierungen sehr hohe Festigkeiten, Härten, Biegegewchselfestigkeiten sowie Relaxationsbeständigkeiten <300°C auf. Solche Legierungen sind beispielsweise aus
15 der EP 0 773 307 A1 und aus der JP-A-49 119 814 bekannt.

20 Diese Federstähle vom Maraging-Typ unterscheiden sich prinzipiell von metastabilen austenitischen bzw. von semiaustenitischen Stählen durch ihre Martensit-Temperatur. Bei den metastabilen austenitischen bzw. semiaustenitischen Federstählen liegt die Martensit-Temperatur ungefähr bei/oder unter Raumtemperatur. Solche metastabilen austenitischen bzw. semiaustenitischen Stähle sind beispielsweise aus der EP 0 210 035 A1 bekannt.

25 Die eingangs genannten Stähle benötigen eine erhöhte Kaltverformung, um Verformungsmartensit zu bilden. Sie haben den entscheidenden Nachteil, daß bei der Herstellung von Drähten und Bändern die Duktilität durch die erhöhte Kaltverformung
30 vor der eigentlichen Aushärtung sehr stark reduziert ist. Insbesondere bei der Herstellung von Bändern bildet sich eine sogenannte Verformungstextur aus, die eine isotrope Umformbarkeit verhindert. Unter einer isotropen Umformbarkeit wird hier und im folgenden verstanden, daß eine vergleichbare Umformbarkeit sowohl parallel als auch senkrecht zur Walzrichtung
35 gegeben ist.

Gerade eine solche isotrope Umformbarkeit ist aber bei der Verwendung von Federstählen für Federelemente, die mehrere Funktionen gleichzeitig erfüllen sollen, zwingend erforderlich.

5

Aus der eingangs erwähnten JP-A-49 119 814 ist ein hochfester, korrosionsbeständiger Federstahl bekannt, der Nickel und Chrom im Bereich (2,5; 14), (10,2; 14), (7,3; 18) und (2,5; 18) auf dem (Nickel;-Chrom)-Gewichts.-%-Diagramm enthält mit
10 Rest Eisen. Für die Warmverarbeitung empfiehlt die JP-A-49 119 815 wenigstens eines der Elemente Molybdän, Titan, Kupfer, Wolfram und Zirkon in einem Gesamtanteil von weniger als 0,5 Gew.-%. Zur Aushärtung werden Beryllium-Gehalte größer 0,3 Gew.-% empfohlen. Es hat sich gezeigt, daß bei einer Ver-
15 wendung von Beryllium-Gehalten größer 0,3 Gew.% auch unter Verwendung der gelehrteten Titanzusätze die Legierung nicht warm verarbeitet werden konnte.

Aus der eingangs erwähnten EP 773 307 A1 ist ein hochfester, korrosionsbeständiger Federstahl bekannt, der 6 bis 9 Gew.-% Nickel, 11 bis 15 Gew.-% Chrom, 0 bis 6 Gew.-% Kupfer und Kobalt sowie eine Kombination von Molybdän + 1/2 Wolfram im Bereich von 0,5 bis 6 Gew.-% und Beryllium im Bereich von 0,1 bis 0,5 Gew.-% enthält. Hier hat sich jedoch gezeigt, daß
25 dieser Werkstoff nicht fertigungssicher ist, weil er fallweise zweiphasig ist, d.h., daß er neben Martensit auch hohe Anteile an Ferrit enthält. Dieser Ferritanteil jedoch führt zu unerwünschten mechanischen Eigenschaften. Zum einen kann ein hoher Ferritanteil bei den o.g. Zusammensetzungen bis zu Wer-
30 ten von 60 % ansteigen und dadurch zu reduzierter Gitterverspannung und damit zu Härteeinbußen vor bzw. nach der Aushärtung führen. Zum anderen kann der Ferrit bei Wärmebehandlungen im ungünstigen Temperaturbereich zwischen Aushärtung und Lösungsglühen in eine spröde Theta-Phase und in Austenit zer-
35 fallen, der sich dann beim Abkühlen zu Martensit umwandelt. Dieser Zerfall führt zu großen Einbußen in der Duktilität.

Des weiteren liegt die Martensit-Temperatur bei den o.g. Zusammensetzungen fallweise zu niedrig, z.B. -40°C . Und selbst bei Zusammensetzungen mit Martensit-Temperaturen, die unter normalen Bedingungen bei ca. 100°C lagen, konnte fallweise
5 eine vollständige Umwandlung des Austenit in Martensit nicht erfolgen. Dabei hat sich erwiesen, daß die Glüh-temperatur und -dauer und die Abschreckgeschwindigkeit kritische Verarbeitungsparameter waren. Dies führt zu sehr starken Härteeinbrüchen im ausgehärteten Zustand und deutlichen Qualitätsschwankungen in der Fertigung.
10

Aus der CH-PS 320 815 sind des weiteren Federlegierungen bekannt, die bis zu 25 Gew.-% Chrom und bis zu 20 Gew.-% Nickel enthalten können. Die dort beschriebenen Legierungen können
15 sowohl aus austenitisch, als auch ferritisch als auch martensitisch und auch in den Kombinationen von Austenit, Ferrit und Martensit vorliegen. Mit den dort beschriebenen breiten Legierungsfenstern können in der Regel keine mechanischen Eigenschaften, insbesondere eine gute, reproduzierbare isotrope Umformbarkeit gewährleistet werden.
20

Ferner ist aus der CH-PS 265 255 eine austenitische Superlegierung auf Kobalt-Nickel-Basis bekannt. Die dort beschriebene Kobalt-Nickel-Basislegierung ist mit härtenden Zusätzen
25 aus Beryllium und/oder Titan und/oder Kohlenstoff in Mengen von bis zu 5 Gew.-% versehen. Die dortigen Legierungen sind austenitisch, sodass zu ihrer Aushärtung relativ hohe Berylliumkonzentrationen erforderlich sind, da die Löslichkeit von Beryllium in austenitische Gefüge relativ hoch ist.
30

Ferner ist aus der DE-AS 1 186 889 ein Verfahren zur Einstellung von Texturen in ferritischen Legierungen bekannt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, einen hochfesten, aushärtbaren, korrosionsbeständigen Federstahl vom Maraging-Typ bereitzustellen, der leicht zu fertigen ist, so
35

daß die hergestellten Stähle keine Qualitätsschwankungen aufweisen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch einen hochfesten, aus-
5 härtbaren, korrosionsbeständigen Federstahl vom Maraging-Typ
gelöst, der dadurch gekennzeichnet ist,

- daß der Federstahl im wesentlichen aus

6,0 bis 9,0 Gew.-% Ni 0,1 bis 0,3 Gew.-% Ti

11,0 bis 15,0 Gew.-% Cr 0,2 bis 0,3 Gew.-% Be

10 Rest Fe

besteht,

- daß der Federstahl eine Martensit-Temperatur $M_s > 130^\circ\text{C}$

aufweist und

- daß der Ferritgehalt des Federstahls $c_{\text{Ferrit}} < 3 \%$ beträgt.

15

Zur Veranschaulichung dieser erfindungsgemäßen Legierungsaus-
wahl zeigt die Fig. 6 ein sogenanntes "Schaeffler"-Diagramm.

20

Typischerweise können bis zu 50 % des Nickelgehaltes durch
Kobalt ersetzt werden und bis zu 35 % des Chromgehaltes durch
Molybdän und/oder Wolfram.

25

In einer Fortbildung der vorliegenden Erfindung kann der Fe-
derstahl bis zu 4 Gew.-% Kupfer enthalten, um die Korrosions-
beständigkeit i.b. gegen Lochfraß noch weiter zu steigern.

30

Der Federstahl kann wenigstens eines der Elemente Mangan, Si-
lizium, Aluminium oder Niob in individuellen Anteilen von we-
niger als 0,5 Gew.-% enthalten.

35

Um einen qualitativ hochwertigen Federstahl zu erreichen,
weist der erfindungsgemäße Federstahl wenigstens eines der
Elemente Kohlenstoff, Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Bor,
Wasserstoff oder Sauerstoff in individuellen Anteilen von we-
niger als 0,1 Gew.-% auf. Werden diese Anteile überschritten,
so kommt es zu unerwünschten Karbid-, Borid- oder Nitridaus-

scheidungen, die die physikalischen Eigenschaften des Werkstoffs negativ beeinflussen.

5 In einer bevorzugten Ausführung enthält der Federstahl bis zu 0,1 Gew.-% Cer oder Cermischmetall als Desoxidationszusatz.

10 Um die Komponenten für die Legierungsschmelze korrekt einzustellen, hat sich ergeben, daß die Martensit-Temperatur, die oberhalb 130°C gemäß der vorliegenden Erfindung liegen muß, durch Gleichung (1) angegeben werden kann:

$$M_s = [629,45 - 16,8 (Cr + 1,2 Mo + 0,6 W) - 24,5 (Ni + 0,15 Co) - 13,2 Mn - 11,2 Si - 670 (C + N)]^{\circ}C \quad (1)$$

15 Der Ferritanteil kann gemäß Gleichung (2) eingestellt werden in Gew.-%:

$$C_{\text{Ferrit}} = [11,8 Si + 7,92 (Cr + Mo + 1/2 W) + 15,84 Ti - 2,91 Mn - 5,83 (Ni + 0,3 Co) - 174,9 (C + N) - 77,08] \quad (2)$$

20 Erfindungsgemäß darf der Ferritgehalt 3 % nicht übersteigen, da es sonst zu spröden Theta-Phasen oder zu großen Härteeinbußen führen kann.

25 Ein Vergleich der berechneten zu den ermittelten Werten für die Martensit-Temperatur und den Ferritgehalt ist den Figuren 1 und 2 zu entnehmen. Die in den Figuren 1 und 2 gezeigten Legierungen sind in ihren Zusammensetzungen in der folgenden Tabelle aufgeführt.

30

35

Nr.	Elemente										Ms-T (°C)	Ferrit- Anteil (%)	HV n. Aush.
	Fe	Ni	Cr	Mo	Be	Si	Mn	Ti	N	C			
1	Rest	7,75	12,20	5,00	0,25	0,08	0,22	0,27			114	15	640
2	Rest	7,80	12,20	5,00	0,17	0,08	0,20	0,15			117	8	595
3	Rest	7,00	11,60	5,00	0,24	0,08	0,21	0,30			142	5	640
4	Rest	7,75	11,00	4,50	0,25	0,08	0,20	0,29			143	5	640
5	Rest	7,40	11,60	4,60	0,25	0,08	0,19	0,29			143	11	640
6	Rest	7,80	12,20	2,00	0,25	0,08	0,20	0,25			170	0	640
7	Rest	7,80	12,20	0,00	0,25	0,08	0,20	0,25			214	0	640
8	Rest	7,80	13,65	1,15	0,19	0,19	0,29	0,19			172	0	640
9	Rest	7,80	13,95	1,35	0,20	0,38	0,47	0,29	0,024	0,020	132	0	640

Die Vickers-Härten der in den Figuren 1 und 2 gezeigten Le-
gierungszusammensetzungen erreichten alle Vickers-Härten grö-
5 ßer 590 nach einer zweistündigen Wärmebehandlung bei 470°C.

Die vorliegenden Legierungen werden typischerweise durch Gie-
ßen einer Schmelze in einem Tiegel oder Ofen unter Vakuum o-
der unter einer Schutzgasatmosphäre herstellt. Die Schmelz-
10 temperaturen liegen dabei bei ca. 1500°C. Danach erfolgt ein
Abguß in eine Kokille. Die Gußbarren aus den vorliegenden Le-
gierungen werden dann bei einer Temperatur von ungefähr
1000°C bis 1200°C vorgeblockt und dann zu einem Band bei
900°C ≤ T₁ ≤ 1150°C warmverformt. Die niedrigen Warmwalz-
15 Temperaturen werden gewählt, um die an freiem Be verarmten
Randzonen zu minimieren. Danach findet ein erstes Lösungsglü-
hen (Homogenisieren) des Bandes je nach Wahl der Glühdauer
bei 850°C ≤ T₂ ≤ 1100°C statt. Nach einem Abkühlen des Bandes
auf eine Temperatur von T₃ ≤ 300°C wird das Band bei einer
20 Temperatur, die ungefähr der Raumtemperatur entspricht, kalt-
verformt und geschliffen mit dem Ziel, die an freiem Be ver-
armte Randzone vollständig zu entfernen. Danach findet ein
zweites Lösungsglühen bei 850°C ≤ T₅ ≤ 1100°C statt mit dem
Ziel, ein feinkörniges Austenit-Gefüge zu erhalten.

In einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung findet nach dem zweiten Lösungsglühen eine Wärmebehandlung des Bandes bei $400^{\circ}\text{C} \leq T_6 \leq 550^{\circ}\text{C}$ statt. Die Wärmebehandlung wird 0,25 h bis 10 h vorgenommen. Das Lösungsglühen kann eine Minute bis 6 h erfolgen, und es kann langsam abgekühlt bzw. schroff abgeschreckt werden; d.h. die Abschreckungsgeschwindigkeit hat einen relativ geringen Einfluß.

In einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung findet jedoch zur Erzielung einer höheren Härte nach dem zweiten Lösungsglühen eine zweite Kaltverformung bei einer Temperatur, die ungefähr der Raumtemperatur entspricht, statt. Die isotrope Umformbarkeit wird hiervon nicht sehr betroffen wegen der geringen Verfestigung und Texturausbildung dieser hier behandelten Maraging-Legierungen. An die zweite Kaltverformung schließt sich dann erst die Wärmebehandlung bei $400^{\circ}\text{C} \leq T_6 \leq 550^{\circ}\text{C}$ an.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wurden Federelemente hergestellt, die Vickers-Härten $HV > 590$ aufwiesen, sehr hohe Festigkeiten (Festigkeiten größer 1900 N/mm^2) aufwiesen.

Die Korrosionsbeständigkeit wurde im ausgehärteten Zustand durch Feuchtigkeits- und Salznebeltests untersucht. Bei relativen Luftfeuchtigkeiten von 90% wurde nach 28 Tagen bei 50°C kein Korrosionsangriff festgestellt. Ebenso wurde kein Korrosionsangriff nach einem Tag Salznebel an den Federelementen festgestellt.

Die Herstellung eines erfindungsgemäßen Federstahls wird nun anhand des folgenden bevorzugten Ausführungsbeispiels eingehend beschrieben:

Ausführungsbeispiel

Eine Legierung mit 7,8 Gew.-% Ni, 13,0 Gew.-% Cr, 1,0 Gew.-% Mo, 0,2 Gew.-% Si, 0,3 Gew.-% Mn, 0,25 Gew.-% Be, 0,2 Gew.-%

Ti sowie Rest Fe wurde unter Vakuum erschmolzen und bei einer Temperatur von ungefähr 1500°C in eine Rundkokille abgegossen.

- 5 Der Abguß wurde bei einer Temperatur von ungefähr 1200°C vorgeblockt und anschließend bei einer Temperatur von ungefähr 1100°C zu einem Band gewalzt. Die Martensit-Temperatur M_s lag bei der erschmolzenen Legierung bei ungefähr 156°C. Der Ferritgehalt c_{Ferrit} war 0.
- 10 Nach einem Lösungsglühen bei ungefähr 1000°C wurde das Material anschließend bei Raumtemperatur kaltgewalzt und einem zweiten Lösungsglühen bei wiederum 1000°C unterworfen und anschließend wiederum bei Raumtemperatur kaltverformt.
- 15 Die Figuren 3 und 4 zeigen die mechanischen Eigenschaften in Abhängigkeit der Kaltverformung der so behandelten Legierung vor und nach der Aushärtung, die durch eine Wärmebehandlung erfolgt.
- 20 Die Dehnung ist bei diesen schwach verfestigenden Legierungen ein schlechtes Maß für die Duktilität. Aussagekräftiger sind die Biegeradien vor der Aushärtung.
- 25 Die gefundenen Werte sind für die „schwere“ Richtung, d.h. für die Biegeachse parallel zur Walzrichtung, in der Figur 5 wiedergegeben und mit den Festigkeiten nach der Aushärtung verknüpft und des weiteren mit zwei Legierungen aus dem Stand der Technik verglichen. Die erfindungsgemäße Legierung ist hier mit dem Bezugszeichen 1 versehen, wohingegen die beiden
- 30 Stand der Technik-Legierungen mit den Bezugszeichen 2 und 3 versehen sind. Die Legierung 2 aus dem Stand der Technik ist ein rostfreier Federstahl 1.4310 (X12 Cr Ni 17 7) des Typs metastabiler Austenit. Die Legierung 3 ist der austenitische Federwerkstoff Ni₂Be, der unter dem Handelsnamen Beryvac 520
- 35 von der Vacuumschmelze GmbH vertrieben wird.

Die Biegeradien in der „leichten“ Richtung, d.h. also Biegeachse senkrecht zur Walzrichtung, haben zumindest gleichwertige bzw. auch bessere Werte.

- 5 Aus der Figur 5 wird die Überlegenheit des Federstahls vom Maraging-Typ gemäß der vorliegenden Erfindung gegenüber den eingangs erwähnten metastabil austenitischen bzw. semiaustenitischen Federstählen deutlich.
- 10 Die anschließende Aushärtung erfolgt über eine Wärmebehandlung bei einer Zeitdauer von zwei Stunden bei einer Temperatur von 470°C.

15

Patentansprüche

1. Hochfester, aushärtbarer, korrosionsbeständiger Federstahl vom Maraging-Typ, mit isotroper Umformbarkeit
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
- daß der Federstahl im wesentlichen aus
6,0 bis 9,0 Gew.-% Ni 0,1 bis 0,3 Gew.-% Ti
11,0 bis 15,0 Gew.-% Cr 0,2 bis 0,3 Gew.-% Be
Rest Fe besteht,
10 - daß der Federstahl eine Martensittemperatur $M_s \geq 130^\circ\text{C}$ aufweist und
- daß der Federstahl einen Ferritgehalt $c_{\text{Ferrit}} < 3 \%$ aufweist.
- 15 2. Federstahl nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß bis zu 50 % des Nickelgehaltes durch Kobalt ersetzt sind.
3. Federstahl nach Anspruch 1 oder 2,
20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß bis zu 35 % des Chromgehaltes durch Molybdän und/oder Wolfram ersetzt sind.
4. Federstahl nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß der Federstahl bis zu 0,1 Gew.-% Cer oder Cermischmetall als Desoxidationszusatz enthält.
5. Federstahl nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß der Federstahl bis zu 4 Gew.-% Kupfer enthält.
6. Federstahl nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
35 daß der Federstahl wenigstens eines der Elemente Mangan oder Silizium in individuellen Anteilen von weniger als 0,5 Gew.-% enthält.

7. Federstahl nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Federstahl wenigstens eines der Elemente C, N, S, P,
5 B, H oder O in individuellen Anteilen von weniger als 0,1
Gew.-% enthält.

8. Federstahl nach einem der Ansprüche 6 oder 7,
dadurch gekennzeichnet,
10 daß der Federstahl eine Martensit-Temperatur $T_{MS} = [629,45 -$
 $6,8(Cr + 1,2 Mo + 0,6 W) - 24,5(Ni + 0,15Co) - 13,2Mn - 11,2 Si - 670(C + N)]$
°C aufweist.

9. Federstahl nach einem der Ansprüche 6 bis 8,
15 dadurch gekennzeichnet,
daß der Federstahl einen Ferritgehalt $c_{Ferrit} = [11,8$
 $Si + 7,92(Cr + Mo + 1/2 W) + 15,84 Ti - 2,91 Mn - 5,83(Ni + 0,3Co) -$
 $174,9(C + N) - 77,08]$ % aufweist.

20 10. Verfahren zum Herstellen eines isotrop biegbaren Feder-
stahles mit einer Zusammensetzung nach einem der Ansprüche 1
bis 9,
gekennzeichnet durch
folgende Verfahrensschritte:

- 25
- a) Erschmelzen der Legierung unter Vakuum oder Schutzgas und
anschließendes Gießen zu einem Gußblock;
 - b) Warmverformen des Gußblockes zu einem Band bei $900^{\circ}\text{C} \leq T_1$
30 $\leq 1150^{\circ}\text{C}$;
 - c) erstes Lösungsglühen des Bandes bei $850^{\circ}\text{C} \leq T_2 \leq 1100^{\circ}\text{C}$;
 - d) Abkühlen des Bandes auf eine Temperatur von $T_3 \leq 300^{\circ}\text{C}$;
 - 35 e) Kaltverformen und Schleifen des Bandes zum Abtrag der Be-
ryllium-verarmten Randzone;

f₁) zweites Lösungsglühen bei $850^{\circ}\text{C} \leq T_5 \leq 1100^{\circ}\text{C}$.

11. Verfahren nach Anspruch 10,
5 g e k e n n z e i c h n e t d u r c h
folgende weitere Verfahrensschritte:

g) Wärmebehandlung des Bandes bei $400^{\circ}\text{C} \leq T_6 \leq 550^{\circ}\text{C}$.

10 12. Verfahren nach Anspruch 10,
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h
folgende weitere Verfahrensschritte:

f₂) zweites Kaltverformen;

15

g) Wärmebehandlung bei $400^{\circ}\text{C} \leq T_6 \leq 550^{\circ}\text{C}$.

1/5

FIG 1

Vergleich Ms-Temperatur an verschiedenen
Zuständen nach Tabelle

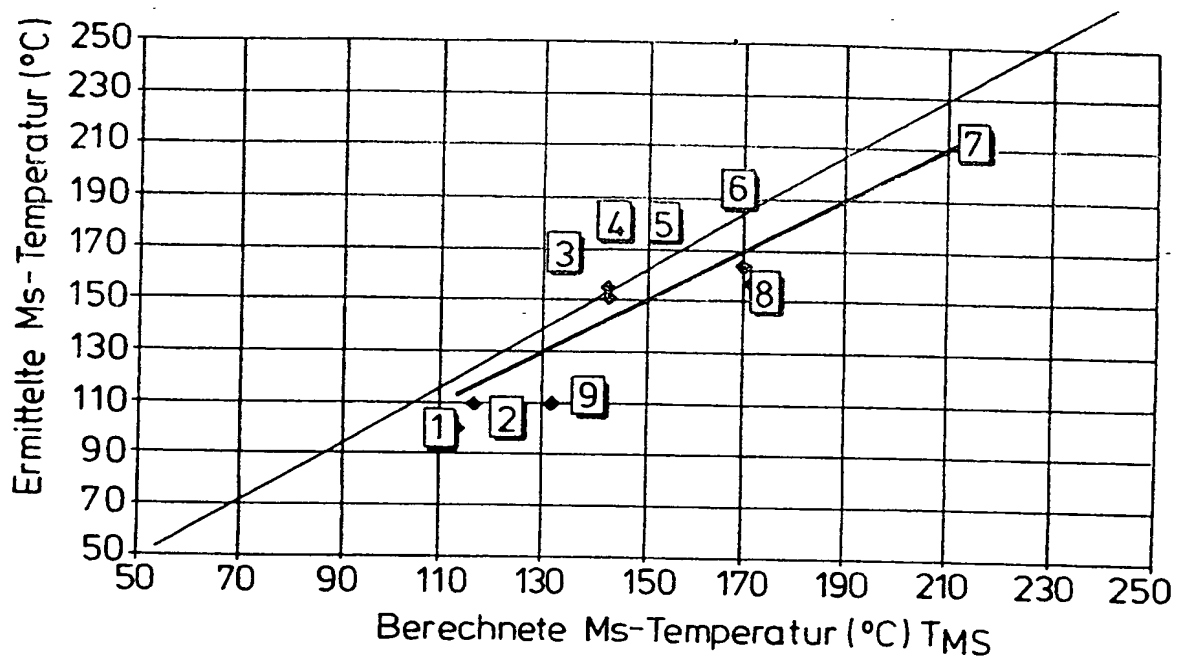


FIG 2

Vergleich Ferritanteile an verschiedenen
Zuständen nach Tabelle

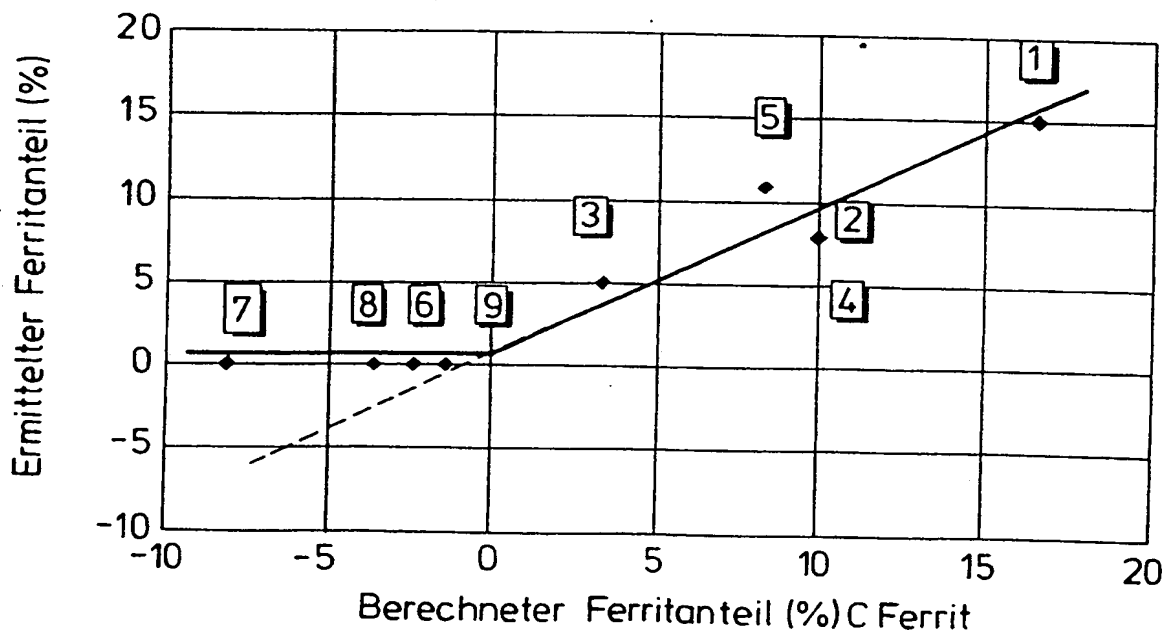


FIG 3

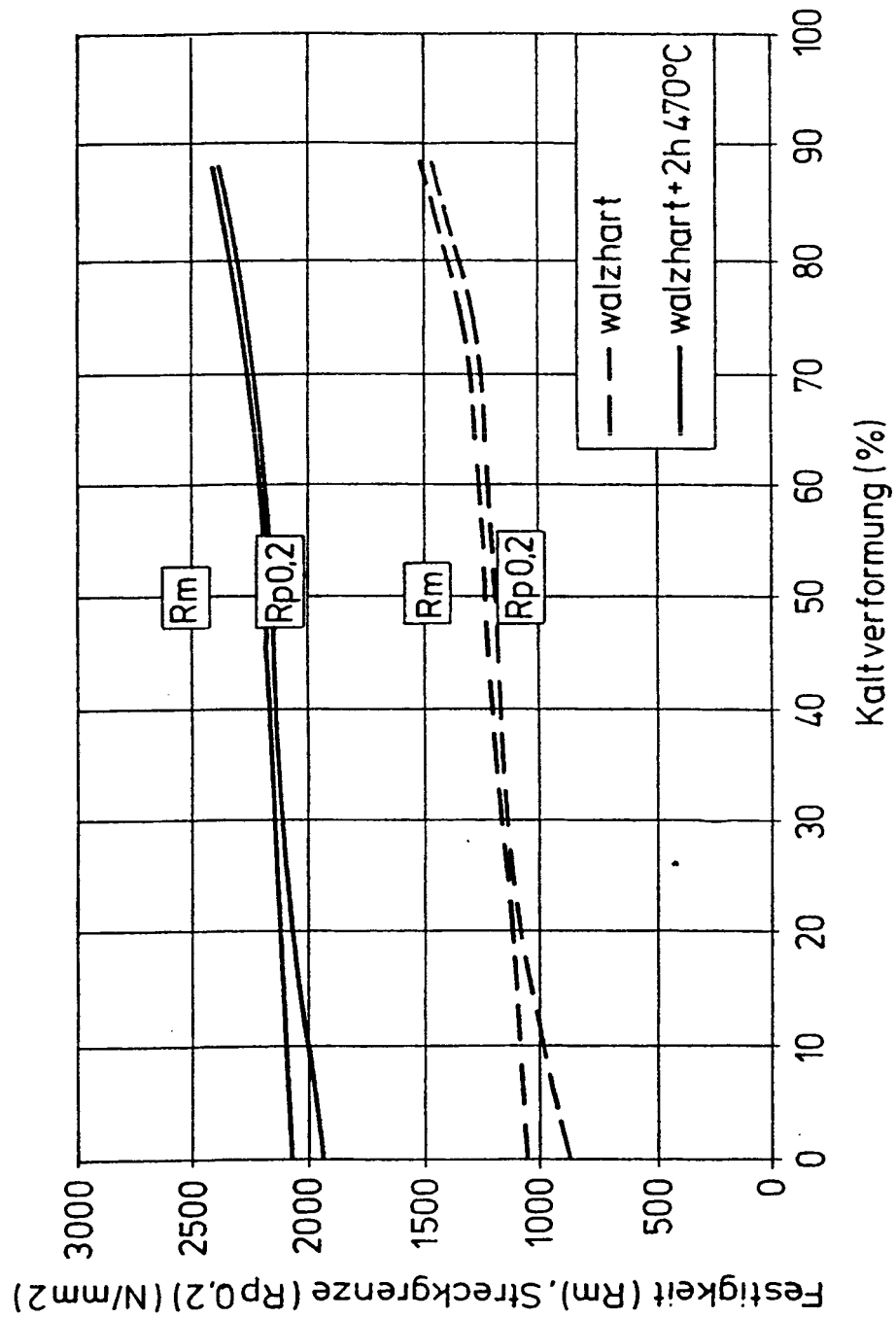


FIG 4

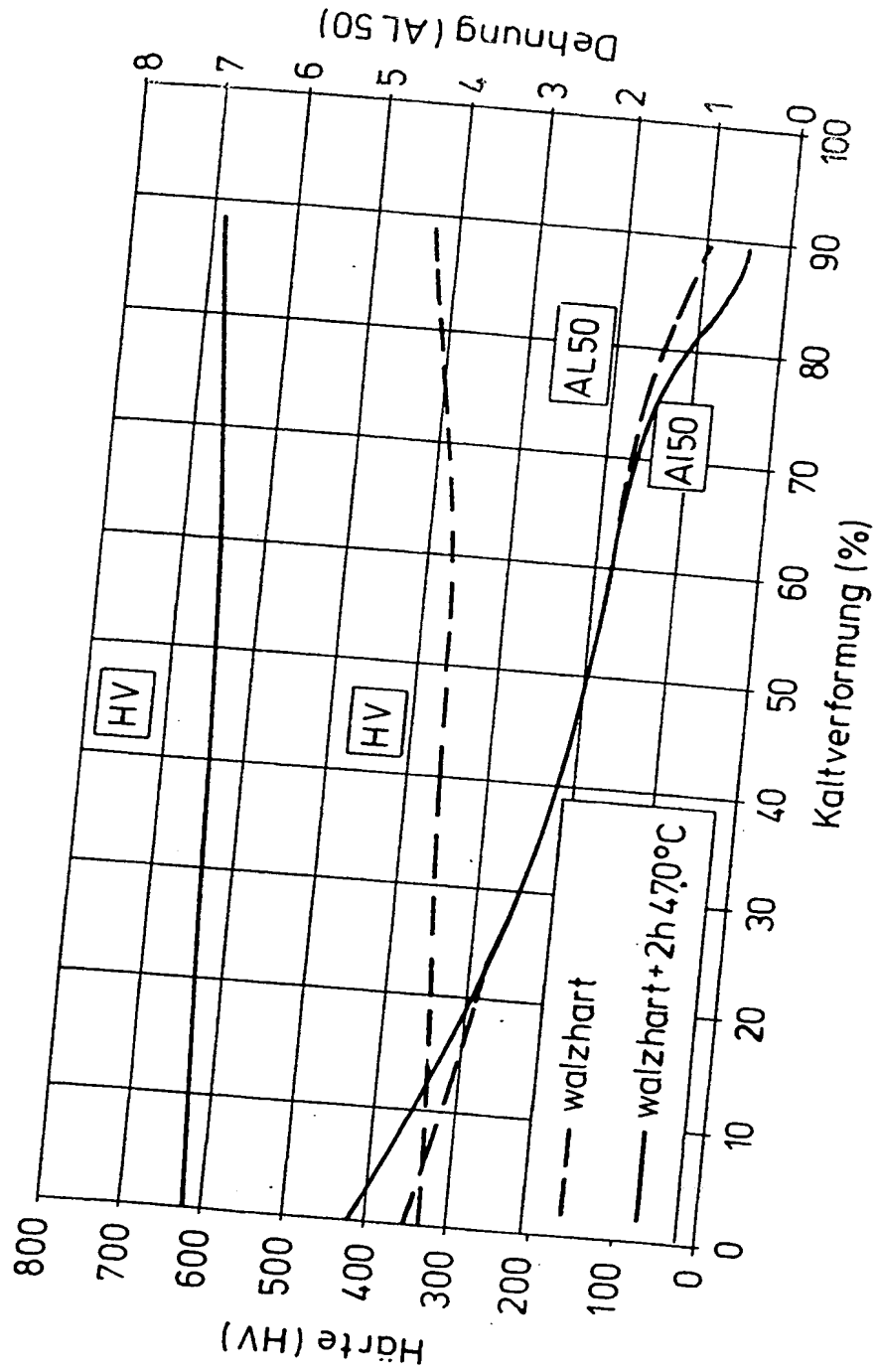


FIG 5
Empfohlene kleinste Biegeradien vor der Aushärtung für verschiedene
Legierungen in Abhängigkeit der Festigkeit nach Wärmebehandlung

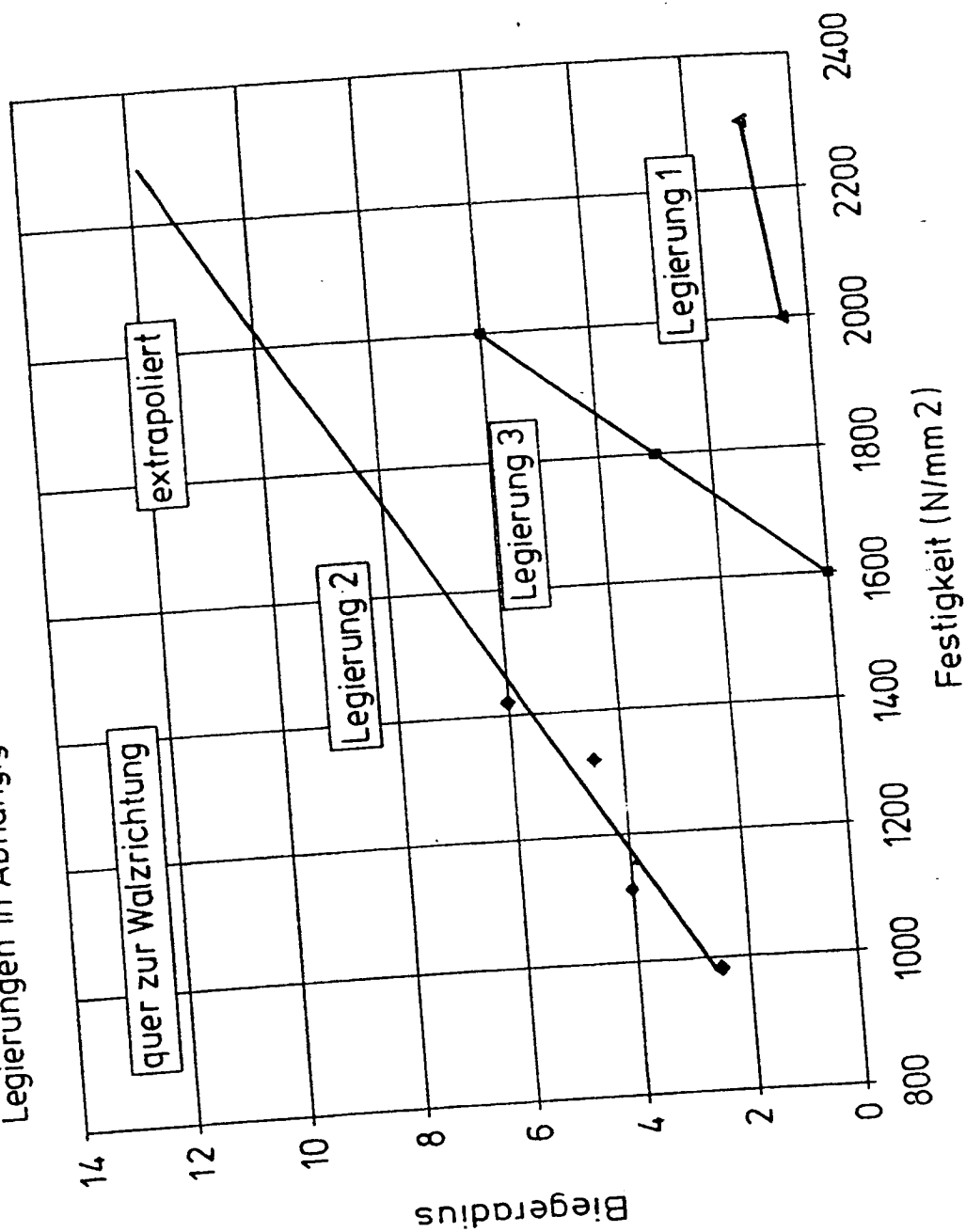
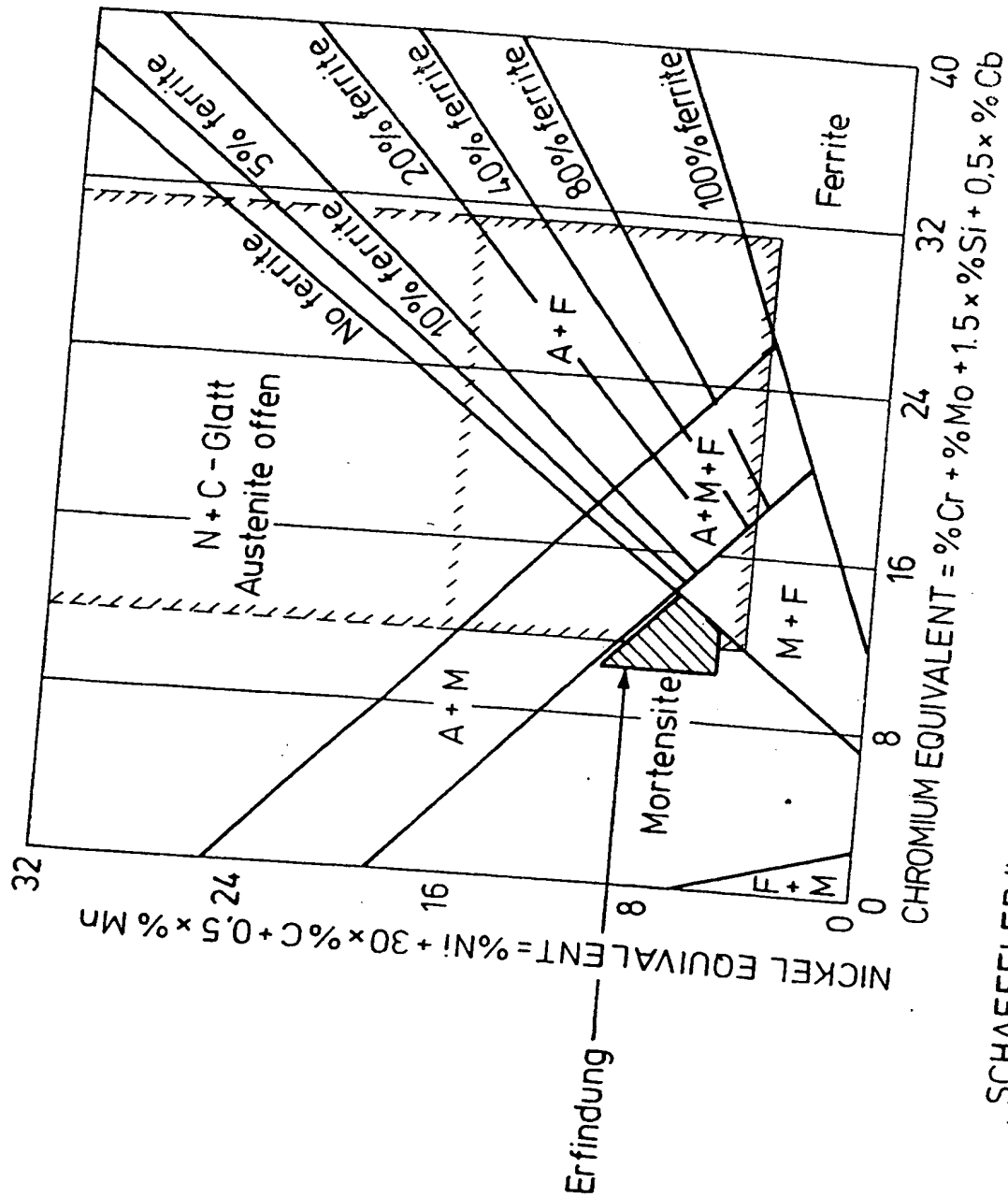


FIG 6



„SCHAEFFLER“-Diagramm (Gefüge von Schweißzusätzen auf Fe-Ni-Cr-Basis)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT 01/00498

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 C22C38/50 C22C38/52 C22C38/44 C21D6/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 C22C C21D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
CHEM ABS Data, EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 773 307 A (VACUUMSCHMELZE GMBH) 14 May 1997 (1997-05-14) cited in the application the whole document column 1, line 55 -column 2, line 48	1-7
A		10-12
A	DATABASE WPI Section Ch, Week 197510 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class M, Page 27, AN 1975-16755W '10! XP002165890 - & JP 49 119814 A (HITACHI LTD), 15 November 1974 (1974-11-15) cited in the application abstract	1

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 April 2001

Date of mailing of the international search report

11/05/2001

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Lilimpakis, E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/92/00498

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 07, 31 July 1996 (1996-07-31) -& JP 08 074004 A (JAPAN STEEL WORKS LTD:THE), 19 March 1996 (1996-03-19) abstract	1
A	----- CHEMICAL ABSTRACTS, vol. 72, no. 16, 20 April 1970 (1970-04-20) Columbus, Ohio, US; abstract no. 81908, CRAWFORD, W. M. ET AL: "Effects of beryllium and titanium as hardening elements in a chromium-nickel stainless maraging steel" XP002165888 abstract & J. IRON STEEL INST., LONDON (1969), 207(Pt. 12), 1642-4 , 1969,	1
A	----- CHEMICAL ABSTRACTS, vol. 74, no. 14, 5 April 1971 (1971-04-05) Columbus, Ohio, US; abstract no. 66783, KNIGHT, RONALD F. ET AL: "Alloy design of stainless maraging steels" XP002165889 abstract & METALS MATER. (1970), 4(10), 417-20 , 1970,	1
A	----- KNIGHT R F ET AL: "PROPERTIES OF A SERIES OF BERYLLIUM-BEARING STAINLESS MARAGING STEELS" METALS AND MATERIALS, GB, METALS SOCIETY, LONDON, vol. 5, no. 3, 1 March 1971 (1971-03-01), pages 99-103, 105, XP000650458 ISSN: 0026-0940 the whole document -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 01/00498

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0773307	A	14-05-1997	DE 29517799 U DE 19606817 A JP 9143626 A	08-02-1996 15-05-1997 03-06-1997
JP 49119814	A	15-11-1974	NONE	
JP 08074004	A	19-03-1996	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSENSTANDES
 IPK 7 C22C38/50 C22C38/52 C22C38/44 C21D6/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 7 C22C C21D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
 CHEM ABS Data, EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beitr. Anspruch Nr.
X	EP 0 773 307 A (VACUUMSCHMELZE GMBH) 14. Mai 1997 (1997-05-14) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument Spalte 1, Zeile 55 - Spalte 2, Zeile 48	1-7
A	---	10-12
A	DATABASE WPI Section Ch, Week 197510 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class M, Page 27, AN 1975-16755W '10! XP002165890 -& JP 49 119814 A (HITACHI LTD), 15. November 1974 (1974-11-15) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung ---	1
	-/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

24. April 2001

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

11/05/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk

Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Lilimpakis, E

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH GEGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile Beitr. Anspruch Nr.

- A PATENT ABSTRACTS OF JAPAN
vol. 1996, no. 07,
31. Juli 1996 (1996-07-31)
- & JP 08 074004 A (JAPAN STEEL WORKS
LTD:THE), 19. März 1996 (1996-03-19)
Zusammenfassung
- A CHEMICAL ABSTRACTS, vol. 72, no. 16,
20. April 1970 (1970-04-20)
Columbus, Ohio, US;
abstract no. 81908,
CRAWFORD, W. M. ET AL: "Effects of
beryllium and titanium as hardening
elements in a chromium-nickel stainless
maraging steel"
XP002165888
Zusammenfassung
& J. IRON STEEL INST., LONDON (1969),
207(Pt. 12), 1642-4 ,
1969,
- A CHEMICAL ABSTRACTS, vol. 74, no. 14,
5. April 1971 (1971-04-05)
Columbus, Ohio, US;
abstract no. 66783,
KNIGHT, RONALD F. ET AL: "Alloy design of
stainless maraging steels"
XP002165889
Zusammenfassung
& METALS MATER. (1970), 4(10), 417-20 ,
1970,
- A KNIGHT R F ET AL: "PROPERTIES OF A SERIES
OF BERYLLIUM-BEARING STAINLESS MARAGING
STEELS"
METALS AND MATERIALS, GB, METALS SOCIETY,
LONDON,
Bd. 5, Nr. 3, 1. März 1971 (1971-03-01),
Seiten 99-103, 105, XP000650458
ISSN: 0026-0940
das ganze Dokument

1

1

1

1

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0773307 A	14-05-1997	DE 29517799 U	08-02-1996
		DE 19606817 A	15-05-1997
		JP 9143626 A	03-06-1997
JP 49119814 A	15-11-1974	KEINE	
JP 08074004 A	19-03-1996	KEINE	

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINE(S) OR MARK(S) ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)